

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ แบบถอดประกอบอย่างง่าย Simple Reassemble Paddy Solar Dryer

กฤษ ทรองจิตต์^{1*} วัชรานนท์ จุฑาจันทร์² ลำพูน เหลลราช²
Trongjit K., Juthajan W., Laowlard L.

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย ศึกษาอัตราการอบแห้งและศึกษาสมบัติของข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถอดประกอบอย่างง่าย โดยทำการออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้โครงสร้างจากเหล็กและ PVC

จากการศึกษาออกแบบสร้างมีขนาดความกว้าง 100 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และความสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร การถอดประกอบถูกออกแบบให้ใช้เป็นข้อต่อสวมต่อกันเป็นโครงสร้างของตู้ทำให้สามารถถอดประกอบ เคลื่อนย้ายและเก็บรักษาโดยง่าย อัตราการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายสูงกว่าวิธีการตากแบบดั้งเดิม ข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมจะมีสิ่งเจือปนมากกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย สีของ

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Department of Agriculture and Environment, Bachelor of Science (Food Science and Technology), Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Muang, Surin 32000, Thailand

² สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

Physics, Department of Basic Science, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Muang, Surin 32000, Thailand

* Corresponding Author: E-mail: krich.tr@sru.ac.th

ข้าวเปลือกและข้าวสารที่ลดความชื้นทุกวิธีจะมีระดับสีที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายจะมีค่าความสว่างมากกว่า การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมทำให้ตัวอย่างมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักที่น้อยกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

คำสำคัญ: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ , ข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ กข 105, คุณภาพข้าว

Abstract

This research is about disassembly solar-powered paddy grain dryer. The objectives of this research are to design and make a simple disassembly solar-powered paddy grain dryer, to study the drying rate and the properties of paddy grain after the drying process via the simple disassembly solar-powered dryer. The structures of the dryer are made from metal plate and PVC.

As for the design, the structure of the dryer are 100 centimeter-length and 50 centimeter-height from the floor. There are several points of the structure which designed to be disassembly for the convenient assemble, relocate and storage. In drying process, the rice paddy was dried by using simple disassembly solar-powered more drying rate than the drying process by using conventional drying. Rice paddy and rice grain after the drying process by using conventional drying have more impurities than rice paddy and rice grain after drying process by using simple disassembly solar-powered paddy grain dryer. The color of rice paddy and rice grain after drying process are slightly different from both method. However the color brightness of rice paddy and rice grain from simple assembly solar-powered dryer is higher. While as the percent of broken rice from the conventional drying is lower than from the simple-disassembly solar-powered paddy grain dryer.

Keywords: Solar dryer, Jasmine rice, Rice quality.

บทนำ

ข้าว นับเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับประเทศค่อนข้างมากและเป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นบริเวณที่มีการเพาะปลูกข้าวเพื่อการบริโภคภายในท้องถิ่นและจำหน่ายเป็นจำนวนมาก ชาวนารายย่อยจำนวนมากพอเกี่ยวข้าวมาได้แล้วก็นำข้าวเปลือกไปตากบนตอซัง ตากบนถนนหรือลานกว้าง 2-3 วันซึ่งจะเกิดการเสียหายได้หลายทาง เช่นฝนตกหลงฤดู หนู นก ฝุ่นละอองสิ่งสกปรกเจือปน ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดขบวนการจราจร การใช้ถนนเป็นภาพที่ไม่สวยงามและพองแห้งแล้วไปเก็บมาก็จะเกิดการร่วงหล่นได้มาก การตากข้าวให้ได้ข้าวเปลือกคุณภาพสูงนั้นจะส่งผลให้ข้าวเปลือกแห้งที่มีคุณภาพสูงนั้นจะส่งผลให้ขายข้าวเปลือกได้ราคาสูงตามไปด้วย เพราะในปัจจุบันเครื่องมือในการทดสอบคุณภาพข้าว ก่อนที่โรงสีจะรับซื้อนั้นสามารถดูได้ว่าข้าวเปลือกที่ใส่เข้าไปนั้นจะออกมาเป็นข้าวสารกี่กรัม ข้าวกล้องรวมกี่กรัม ข้าวปลายหักกี่กรัม ดังนั้นจึงมีการกำหนดราคาจากการรับซื้อดังกล่าว บางครั้งการตากข้าวไม่ดีก็ทำให้ได้ข้าวเปลือกที่คุณภาพไม่ดีมีความชื้น ข้าวที่มีคุณภาพดีตรงกับความต้องการของตลาดจะสามารถขายได้ในราคาสูง อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเปลือก (Paddy) ที่เก็บเกี่ยวมาส่วนใหญ่มักมีความชื้นค่อนข้างสูงคือประมาณ 20 ถึง 22 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) ซึ่งอาจเกิดความเสียหายจาก

เชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา หรืออาจส่งผลให้ข้าวสารมีสีเหลืองเนื่องจากความร้อนซึ่งเกิดจากการหายใจของข้าวเปลือก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องลดความชื้นหรืออบแห้งข้าวเปลือกให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา โดยปราศจากการทำลายของแมลงและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งโดยปกติจะต้องอบแห้งจนความชื้นของข้าวเปลือกลดลงถึงประมาณ 13 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ (w.b.) (ฉัตรชัย นิยมผล และคณะ. 2557)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและขยายขอบเขตงานเพิ่มมากขึ้นจากเดิมที่มีเฉพาะด้านการถนอมอาหารและไปสู่อุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กกลางและขนาดใหญ่ เช่นการไล่ความชื้นออกจากขวดลดก่อนแช่ในน้ำมันหม้อแปลงเพื่อลดการเกิดออกไซด์และการอาร์คไฟฟ้าระหว่างการใช้งาน การเลือกใช้วิทยาการและเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้ในกระบวนการอบแห้งเพื่อเป็นแนวทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการในการเลือกใช้และลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับกระบวนการผลิต โดยที่ยังคงคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540) เครื่องอบแห้งในปัจจุบันมีมากมายหลายแบบหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีการใช้งานหรือขั้นตอนในการทำให้น้ำในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้งนั้นระเหยออกไปได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องอบแห้งนั้นๆ การอบแห้งข้าวเปลือกเป็นกระบวนการสำคัญในกระบวนการผลิตข้าวสาร ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่จะได้และ

คุณภาพข้าวสารขึ้นอยู่กับกระบวนการอบแห้งค่อนข้างมาก โดยทั่วไปหากอบแห้งอย่างรวดเร็วด้วยอุณหภูมิอากาศที่สูงจะทำให้เกิดการแตกหักมากและได้สีของข้าวที่หมองคล้ำลงไป (นิรชรา ศรีสุปติ และคณะ. 2541) และโดยทั่วไปแล้วหากอบแห้งอย่างรวดเร็วมักจะทำให้สีเปลี่ยนไปสีเหลืองพลังงานมากขึ้น (Marier, 2002) การอบแห้งโดยใช้เครื่องอบลมร้อนจะได้อัตราการอบแห้งที่เร็วกว่าการอบแห้งด้วยวิธีการตากแดด (วัชรานนท์ จุฑาจันทร์. 2548) โดยในปัจจุบันได้มีการคิดค้นเครื่องจักรที่ใช้ในการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาเป็นเครื่องอบแห้งที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นใช้พลังงานสิ้นเปลืองน้อยลง และได้คุณภาพของผลผลิตที่ดีขึ้น พลังงานแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับจากธรรมชาติไม่ก่อให้เกิดมลพิษใดๆ ซึ่งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็เพียงพอที่จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความชื้นหลังการอบแห้งพอเหมาะในการเก็บรักษาอยู่แล้ว (สุดธิดา อินทผล และคณะ. 2551)

จากความก้าวหน้าทางด้าน การออกแบบก่อสร้างและการประดิษฐ์ในปัจจุบัน ประกอบกับความพยายามในการลดต้นทุนการก่อสร้าง ทำให้กรรมวิธีก่อสร้าง ประดิษฐ์วัสดุในปัจจุบันค่อนข้างมีรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการก่อสร้างลดต่ำลง ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของต้นทุนในด้านแรงงานหรือต้นทุนในด้านวัสดุ การก่อสร้างหรือประดิษฐ์ โดยใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการก่อสร้างในปัจจุบัน ด้วยประโยชน์ในการก่อสร้างที่รวดเร็ว

ตลอดจนมีคุณภาพ (Quality) และความทนทาน (Durability) ที่สูงกว่าโครงสร้างปกติ ทำให้การก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปในปัจจุบันแพร่หลายมากขึ้น วัสดุอุปกรณ์หรือโครงสร้างที่มีรูปแบบหลากหลายบางอย่างจึงใช้วัสดุที่สามารถถอดประกอบได้ เช่นบ้านน็อคดาวน นั้งร้านก่อสร้าง เต็นท์ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ซึ่งวัสดุที่สามารถถอดประกอบได้มีข้อดีคือจัดเก็บง่าย เมื่อไม่ใช้งานน้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายง่ายเป็นวัสดุสำเร็จรูปจึงมีความเนียบเมื่อประกอบเสร็จก็สามารถใช้งานได้ทันที

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบถอดประกอบได้โดยผสมผสานหลักการทฤษฎีของเทคโนโลยีการอบแห้งกับแนวคิดการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ถอดประกอบได้เป็นเครื่องอบแห้งซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้แทนการตากข้าวบนถนนหรือลานกว้างและได้ข้าวคุณภาพดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย
2. เพื่อศึกษาอัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบถอดประกอบอย่างง่าย
3. เพื่อศึกษาสมบัติของข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถอดประกอบอย่างง่าย

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบและสร้างตู้อบข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

ขั้นการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์และรายละเอียดต่าง ๆ ในการออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการและเหตุผลดังต่อไปนี้

1.1 เครื่องอบมีความกว้าง 100 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร สูงจากพื้น 50 เซนติเมตร เนื่องจากใช้เป็นขนาดแบบจำลองเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีศึกษา

1.2 ผนังทึบ 4 ด้าน ซึ่งด้านบนและด้านล่าง มีขนาดความกว้าง 100 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร โดยผนังด้านข้างมีขนาดความกว้างด้านหน้า 20 เซนติเมตร ด้านหลัง 30 เซนติเมตร และมีความยาว 100 เซนติเมตร

1.3 ช่องระบายอากาศด้านหน้าและด้านหลัง ซึ่งมีความกว้าง 10 เซนติเมตร ขนาดความยาว 100 เซนติเมตร

1.4 ผนังทึบด้านหน้าและด้านหลังด้านหน้ามีความกว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร และด้านหลังมีความกว้าง 20 เซนติเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร

1.5 ภายในเครื่องอบมีฐานรองข้าวเปลือก

2. ศึกษาการใช้งานของตู้อบข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำข้าวเปลือกสดจากนายอำนวย อ่อนสา หมู่บ้านชีตุน ตำบลโพนครก อำเภอนาทม จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งอายุข้าวเปลือกสดประมาณ 100 วัน ซึ่งการเก็บเกี่ยวจะใช้รถเกี่ยวข้าวแทนการเก็บโดยใช้คน

2.2 การหาอัตราการลดความชื้นของข้าวเปลือกด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมและด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

1. เก็บเกี่ยวข้าวเปลือกสด (โดยส่วนใหญ่ชุมชนจะใช้รถเกี่ยวข้าว)

2. ตัดตั้งอุปกรณ์บนลานตากข้าว

3. ชั่งน้ำหนักตะกร้า (บันทึกน้ำหนักของตะกร้า)

4. นำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวแล้วมาชั่งกับเครื่องชั่งดิจิตอล 0.5 กิโลกรัม (ใส่ลงในตะกร้า) และนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวแล้วมาชั่งมวลกับเครื่องชั่งแบบเข็ม 20 กิโลกรัม

5. มวลตะกร้ากับข้าวเปลือกก่อนทำการลดความชื้น โดยมวลของข้าวเปลือกหักล้างกับมวลของกระຈาดเรียบร้อยแล้ว

6. นำข้าวเปลือกที่ซั่งได้ 20 กิโลกรัม และข้าวเปลือกที่ซั่งได้ 0.5 กิโลกรัม ที่อยู่ในตะกร้า ใส่ลงในบนลานตากที่เตรียมไว้ และใส่ลงในเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวางข้าวที่อยู่ในตะกร้าตำแหน่งตรงกลางเพื่อเปรียบเทียบวิธีการลดความชื้นระหว่างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแสงอาทิตย์และวิธีการตากแบบดั้งเดิม

7. เกลี่ยข้าวเปลือกที่อยู่ในเครื่องอบและลานตากให้บางเท่าๆกัน ประมาณ 2-3 เซนติเมตร

8. วางตำแหน่งสายของเครื่องวัดอุณหภูมิ Data logger หรือเทอร์โมคัปเปิลเพื่อวัดอุณหภูมิด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิม

9. วัดอุณหภูมิข้าวเปลือกทุกๆ 15 นาที โดยใช้สายของเทอร์โมคัปเปิลใส่เข้าไปในเนื้อข้าวกลุ่มตัวอย่างลึกประมาณ 0.7 เซนติเมตร โดยวัดที่กึ่งกลางของตะกร้า 1 ตำแหน่ง

10. ซั่งน้ำหนักข้าวเปลือกทุกๆ 15 นาที (ตั้งแต่วันที่ 07.00 นาฬิกา ไปจนกว่าการลดความชื้นจะได้ความชื้นที่ 14 เปอร์เซ็นต์) ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล โดยใช้เวลาในการซั่งประมาณ 15 วินาที และบันทึกค่ามวลทุกครั้งที่ซั่ง เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นในแต่ละช่วงเวลา

2.3 การตรวจสอบสิ่งเจือปนของข้าวเปลือกและข้าวสาร

1. การตรวจสอบสิ่งเจือปนอาจทำได้โดยประมาณด้วยตัวตาหรืออาจนำตัวอย่างมาเทลงบนพื้นที่สะอาดผสมคลุกเคล้า

2. เมื่อผสมคลุกเคล้าเสร็จจากนั้นตักข้าวเปลือกและข้าวสารมาซั่งน้ำหนัก

3. นำข้าวเปลือกและข้าวสารที่ซั่งมวลใส่ตะแกรงร่อน เพื่อแยกเอาสิ่งเจือปนออกให้หมด

4. นำข้าวเปลือกและข้าวสารที่ได้ไปซั่งมวลอีกครั้งหนึ่ง และนำตัวเลขมาคำนวณหามวลของสิ่งเจือปนโดย

$$\text{คำนวณได้จากสมการ เปอร์เซ็นต์ของวัตถุอื่น} = \frac{(\text{น้ำหนักข้าวเปลือก+วัตถุอื่น}) - \text{น้ำหนักข้าวเปลือก}}{(\text{น้ำหนักข้าวเปลือก+วัตถุอื่น})} \times 100$$

2.4 การตรวจสอบลักษณะสีของข้าวเปลือกและข้าวสาร

ทำการวิเคราะห์ โดยใช้การเทียบสีค่ามาตรฐานจากหนังสือ The MUNSSELL Book OF COLOR กับข้าวที่ต้องการทดสอบว่ามีสีที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

2.5 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหัก

1. ข้าวเปลือกที่ผ่านการทำแห้งแล้วจำนวน 100 กรัม ไปกะเทาะเป็นข้าวกล้องด้วยเครื่องสีที่ใช้ตรวจสอบข้าวในขั้นตอนการซื่อขายข้าวเปลือก

2. ทำการคัดเฉพาะเมล็ดสมบูรณ์มา 100 เมล็ด

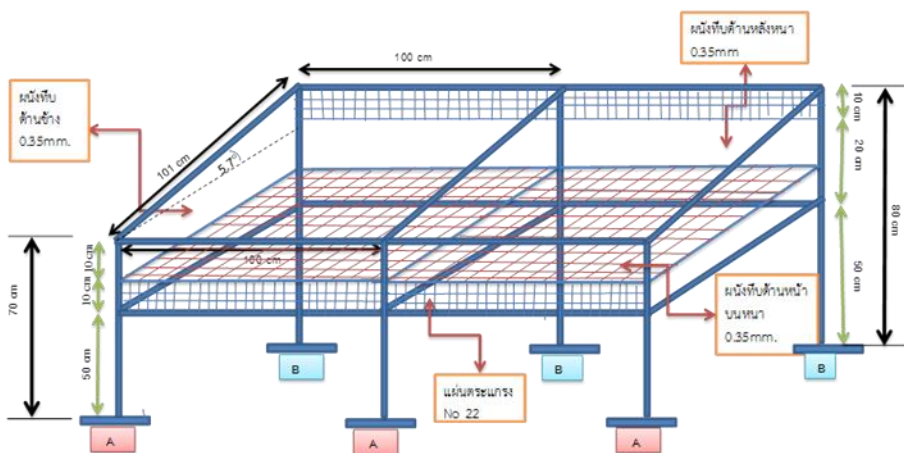
3. นำเมล็ดข้าวที่ละเมล็ด มาวางบนปลายนิ้วชี้ด้านใน แล้วใช้ปลายเล็บของ

นิ้วหัวแม่มือกดที่กลางเมล็ดข้าว ถ้าเมล็ดหักให้ คัดออกไปเก็บที่กองหนึ่ง ถ้าเมล็ดไม่หักให้คัด ออกมาเก็บอีกที่หนึ่ง ทำจนครบทั้ง 100 เมล็ด

4. คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าว เช่น มีเมล็ดสมบูรณ์ 90 เมล็ด แสดงว่ามีเมล็ด ร้าว 10 เมล็ด ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าว เท่ากับ 10

ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้ง ข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอด ประกอบอย่างง่ายโดยใช้โครงสร้าง 2 ส่วน คือ โครงสร้างที่เป็นเหล็กและโครงสร้างที่เป็น PVC ตูมีพื้นที่ในการรับแสงอาทิตย์ 100 ตาราง เซนติเมตรต่อตู้ สูงจากพื้น 50 เซนติเมตรผนังทึบ 4 ด้าน ด้านข้างเอียง 15 องศา กับแนวระดับ ด้านหน้าและด้านหลังมีตะแกรงสำหรับระบาย อากาศทางเข้า - ออก ภายในเครื่องอบแห้ง ข้าวเปลือกมีตะแกรงสำหรับวางข้าวเปลือก



ภาพที่ 1 แบบโครงสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

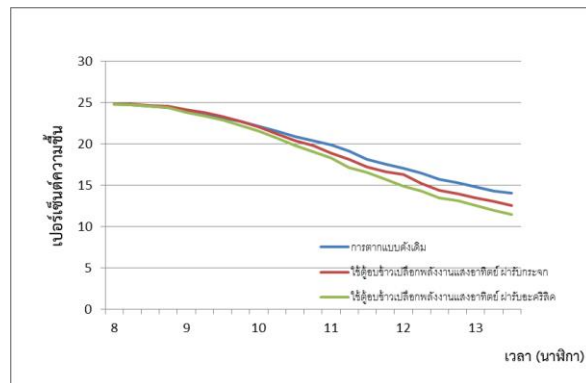
ผลการศึกษาอัตราการอบแห้ง

ทำการศึกษเปรียบเทียบการอบแห้ง ข้าวเปลือกด้วยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิมและ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงาน แสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย จากการ

หาความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 10 ตัวอย่าง ได้ 24.82 ± 0.54 เปอร์เซ็นต์ db. ทำการทดลอง 3 วัน เลือกแสดงผลของค่าวันที่มีความเป็ยงเบน ของข้อมูลน้อยที่สุด วัดค่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ทำการทดสอบเพื่อเป็น

ข้อมูลประกอบผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 และเลือกอบแห้งด้วยเครื่องอบฝารับกระจกและฝารับอะคริลิก เปรียบเทียบกับการตากแบบ

ดั้งเดิมเนื่องจากเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 อัตราการอบแห้งข้าวเปลือก

จากภาพที่ 2 เริ่มทดลองตั้งแต่เวลา 8.00 น. ความชื้นแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามเวลาที่ผ่านไป มีค่าสูงสุด 893 W/m^2 ณ เวลา 12.15 น. หลังจากนั้นความชื้นแสงอาทิตย์จะมีค่าลดลงตามเวลาที่ผ่านไป ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบเพิ่มขึ้นและลดลงมีแนวโน้มตามความชื้นแสงอาทิตย์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ความชื้นของข้าวเปลือกเมื่อถูกทำแห้งทั้ง 3 วิธีจะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ เท่าๆ กันในช่วง 1 ชั่วโมงแรก หลังจากนั้นจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่เวลาผ่านไป 1.5 ชั่วโมง จากภาพที่จะเห็นว่าเครื่องอบฝารับแบบอะคริลิกจะมีแนวโน้มการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นเร็วที่สุด ตามมาด้วยเครื่องอบฝารับแบบกระจกและการตากแบบดั้งเดิมตามลำดับ ทำการเก็บผลการทดลองถึงเวลา 14.00 น. เนื่องจากต้องการ

ความชื้นสุดท้าย 15 เปอร์เซ็นต์ db. การตากแบบดั้งเดิมนั้นใช้เวลาในการลดความชื้น 4 ชั่วโมง 50 นาที ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00 - 12.50 นาฬิกา เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายฝารับกระจก ใช้เวลาในการลดความชื้นเท่ากับ 4 ชั่วโมง 10 นาที ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00 - 12.10 และเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายฝารับอะคริลิก ใช้เวลาในการลดความชื้นเท่ากับ 3 ชั่วโมง 40 นาที ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00 - 11.40 นาฬิกา

ผลการตรวจสอบสิ่งเจือปน

จากการหาอัตราการลดความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ กข 105 แล้วนำมา

ตรวจสอบสิ่งเจือปนขณะที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ
ขัดสีและหลังการขัดสีของข้าวที่ผ่านวิธีการลด
ความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิม และการลด

ความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงาน
แสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย แสดงดัง
ตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1

ตรวจสอบสิ่งเจือปนในข้าวเปลือกหลังผ่านกระบวนการลดความชื้น

วิธีการลดความชื้น	มวลก่อนการลด ความชื้น (กรัม)	มวลก่อนร่อน (กรัม)	มวลหลังร่อน (กรัม)	ปริมาณ สิ่งเจือปน (เปอร์เซ็นต์)
ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น	500.00	499.83	440.30	11.91
ลดความชื้นแบบดั้งเดิม	500.00	461.80	406.87	13.50
ลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้ง ข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์	500.00	471.56	418.24	11.31

หมายเหตุ : มวลก่อนร่อน คือ มวลของข้าวเปลือกหลังผ่านกระบวนการลดความชื้น

ตารางที่ 2

ผลการตรวจสอบสิ่งเจือปนในข้าวสาร

วิธีการลดความชื้น	มวลก่อนการลด ความชื้น (กรัม)	มวลก่อนร่อน (กรัม)	มวลหลังร่อน (กรัม)	ปริมาณ สิ่งเจือปน (เปอร์เซ็นต์)
ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น	500.00	329.96	321.41	2.59
ลดความชื้นแบบดั้งเดิม	500.00	324.35	314.66	2.99
ลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้ง ข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์	500.00	337.05	328.89	2.42

หมายเหตุ : มวลก่อนร่อน คือ มวลของข้าวหลังขัดสีที่ผ่านกระบวนการลดความชื้น

จากตารางที่ 1 และ 2 ผลการตรวจสอบ
สิ่งเจือปนที่อยู่ในข้าวเปลือก โดยวิธีการลด
ความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิม การลด
ความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงาน

แสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย และ
ข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น
พบว่าข้าวเปลือกลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบ
ดั้งเดิมจะมีปริมาณสิ่งเจือปนมากที่สุด รองลงมา

คือข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ และการลด
ความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงาน

แสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย จะมี
ปริมาณสิ่งเจือปนน้อยที่สุด

ผลการตรวจสอบลักษณะสีของข้าว



ภาพที่ 3 การตรวจสอบลักษณะสีของข้าว

หลังลดความชื้นของข้าวเปลือกขาว
ดอกมะลิพันธ์ กข 105 ด้วยวิธีต่างๆ สามารถ
แสดงผลของการตรวจสอบลักษณะสีของ
ข้าวเปลือกโดยใช้การเทียบสีค่ามาตรฐานจาก
หนังสือ The MUNSELL Book OF COLOR

กับข้าวที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นด้วยวิธีการ
ตากแบบดั้งเดิม การลดความชื้นด้วยเครื่อง
อบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอด
ประกอบอย่างง่าย และข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่าน
กระบวนการลดความชื้น แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3

ตรวจสอบลักษณะสีของข้าวเปลือกหลังผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนขัดสี

ตัวอย่าง	ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น	การตากแบบดั้งเดิม	เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์
ข้าวเปลือก	2.5Y7/8	2.5Y7/6	2.5Y8/6
ข้าวสาร	7.5Y8/2	7.5Y7/4	7.5Y8/4

หมายเหตุ : 7.5Y8/2

Y คือ YELLOW (สีเหลือง)

8 คือ VALUE (ค่าความสว่างของสี)

2 คือ CHROMA (ค่าความบริสุทธิ์ของสี)

จากตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบลักษณะสีของข้าวเปลือก พบว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย การตากแบบดั้งเดิม และข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตาก จะมีระดับสีที่ใกล้เคียงกันคืออยู่ที่ระดับโทนสี 2.5Y แต่วิธีการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย จะค่าความสว่างมากที่สุดคืออยู่ที่ระดับ 8 ส่วนการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิม และข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้น จะมีค่าความสว่าง

เท่ากันคืออยู่ที่ระดับ 7 ซึ่งข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตากจะมีค่าความบริสุทธิ์มากที่สุดคืออยู่ที่ระดับ 8 ผลการตรวจสอบลักษณะสีของข้าวสาร พบว่าในการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย การตากแบบดั้งเดิม และข้าวเปลือกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตาก จะมีระดับสีที่ใกล้เคียงกันคือ 7.5Y และมีค่าความสว่างใกล้เคียงกันคืออยู่ที่ระดับ 7-8 แต่ข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการตากจะมีค่าความบริสุทธิ์น้อยที่สุดคืออยู่ที่ระดับ 2

ผลการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว

ตารางที่ 5

ผลการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวสาร

ตัวอย่าง	ยังไม่ผ่านกระบวนการลด ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	การตากแดดแบบดั้งเดิม (เปอร์เซ็นต์)	เครื่องอบแห้งข้าวเปลือก พลังงานแสงอาทิตย์ (เปอร์เซ็นต์)
1	94	6	11
2	88	8	30
3	89	13	12
เฉลี่ย	90.33	9	17.67

จากตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว พบว่าข้าวที่ยังไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้นมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักมากที่สุด รองลงมาคือการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์

แบบถอดประกอบอย่างง่าย และการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิมมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักน้อยที่สุด ซึ่งได้ค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักเท่ากับ 90.33 เปอร์เซ็นต์ 17.67 เปอร์เซ็นต์และ 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 6

แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิมกับการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย

วิธีการลดความชื้น	ความชื้น สุดท้าย (เปอร์เซ็นต์)	ข้าวที่ผ่านกระบวนการลด ความชื้นก่อนขัดสี		ข้าวที่ผ่านกระบวนการลดความชื้น หลังขัดสี		การแตกหัก (เปอร์เซ็นต์)
		สิ่งเจือปน (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะสี	สิ่งเจือปน (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะสี	
ตากแดดแบบดั้งเดิม	14.47	13.50	2.5Y7/6	2.99	7.5Y7/4	9
เครื่องอบแห้ง	10.99	11.31	2.5Y8/6	2.42	7.5Y8/4	17.67
ข้าวเปลือกพลังงาน แสงอาทิตย์						

จากตารางที่ 6 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมกับการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย พบว่า การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายสูงกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน 3.48 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมีความแตกต่างกันมากถึง 8.67 เปอร์เซ็นต์ และการตากแบบดั้งเดิมนั้นจะมีสิ่งเจือปนมากกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย ทั้งข้าวที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนขัดสีและหลังขัดสี อย่างไรก็ตามการลดความชื้นทั้ง 2 วิธีนี้จะมีลักษณะสีของข้าวที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนขัดสีและหลังขัดสีเหมือนกัน ถึงแม้ว่าการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสุดท้ายที่น้อยกว่า

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย ผู้วิจัยสามารถสร้างเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่ายได้เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้วิธีการตากข้าวเปลือกแบบตากลาน ใช้พื้นที่ในการตากข้าวเปลือกมาก บางครอบครัวมีพื้นที่

ไม่เพียงพอต่อการตากข้าวเปลือก และปัญหาจากการถูกรบกวนจากแมลง นกและสัตว์ต่างจากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงได้มีการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งให้สามารถถอดประกอบได้ ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน การเคลื่อนย้าย และสะดวกต่อการเก็บรักษาสามารถใช้ตากข้าวเปลือกได้ในพื้นที่นาโดยที่ข้าวเปลือกไม่ได้สัมผัสกับพื้นดินจึงสามารถลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดในช่วงการตากข้าวได้ ใช้เหล็กกล่องเป็นโครงสร้างและเชื่อมต่อ ทำให้มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ง่ายต่อการต่อสวม แต่ราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูง ส่วนการใช้วัสดุ PVC เป็นโครงสร้างและเชื่อมต่อทำให้มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้้น้อยกว่าแต่ราคาต่อหน่วยต่ำกว่าใช้สังกะสีแผ่นเรียบเป็นผนังของตู้เนื่องจากสามารถดูดกลืนความร้อนและเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ไว้ภายในตู้ โดยออกแบบให้ผนังด้านข้างซ้าย - ขวา เอียงทำมุม 15 องศากับแนวระดับ เพื่อให้สามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น ทำการทดสอบฝารับแสงอาทิตย์ของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย โดยวัสดุที่ใช้สร้างฝารับเป็นอะคริลิก ฝารับมีผลต่ออุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย คือ ฝารับที่สร้างมาจากวัสดุที่ยอมให้แสงทะลุผ่านจะมีแนวโน้มของอุณหภูมิอยู่ในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากวัสดุฝารับอะคริลิกเป็นฉนวนความร้อนและยอมให้แสงทะลุผ่านได้ ซึ่งแสงอาทิตย์จะมีพลังงานอยู่ 2 รูปแบบ คือ พลังงานแสงและพลังงานความร้อน พลังงานแสง

จะทะลุผ่านเข้าไปในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ และดูดกลืนแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ภายในตู้ทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องอบสูง แต่เนื่องจากเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีช่องระบายอากาศจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากส่วนประกอบของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบกันไม่มิดชิด จึงทำให้ไม่สามารถกักเก็บความร้อนได้ เป็นระยะเวลาสั้นได้ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในตู้มีค่าน้อยลง และมีอุณหภูมิใกล้เคียงสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลาประมาณ 17.30 น. โดยอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวันมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ และพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของบรรยากาศซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิ

อัตราการลดความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวขาวหอมดอกมะลิ 105 ด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกพลังงานแสงอาทิตย์แบบถอดประกอบอย่างง่าย จะมีอัตราการลดความชื้นที่ต่ำกว่า การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดแบบดั้งเดิม ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้มีผลสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับวัชรานนท์ จุฑาจันทร์ (2548) สุวัฒน์ บุญจันทร์ และคณะ (2551) จรรย์ มงคลชัย และพิศมาส หวังดี (2552) เครื่องอบผ้ารับแบบอะคริลิกจะมีแนวโน้มการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความชื้นเร็วที่สุดเนื่องจากมีอุณหภูมิภายในเครื่องอบมากที่สุดจึงทำให้อัตราการลดความชื้นที่ดีที่สุด

คุณภาพข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนขัดสี จากทดสอบคุณภาพของ

ข้าวเปลือกที่ลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิม พบว่า มีสิ่งเจือปนมากกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมเป็นการตากบนพื้นที่ผ้าลานรองจึงอาจทำให้สิ่งเจือปนที่อยู่ในบริเวณนั้นกระเด็นหรือถูกลมพัดเข้าหาพื้นที่ที่มีการตากข้าวเปลือก ข้าวเปลือกที่ผ่านการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีสีที่เหลืองฟางกว่าการตากแบบดั้งเดิมที่มีสีของข้าวเปลือกที่เข้ม เนื่องจากข้าวเปลือกที่ลดความชื้นด้วยการตากแบบดั้งเดิมนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่มากกว่า จึงทำให้สีของข้าวเปลือกมีสีที่เข้มกว่าการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก สอดคล้องตามมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย มกษ.4004-2555 ที่สีของข้าวเปลือกจะมีสีอ่อนหรือสีฟาง และสีเข้มหรือสีน้ำตาล

คุณภาพข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการลดความชื้นหลังขัดสี การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแบบดั้งเดิมจะมีสิ่งเจือปนที่ไม่แตกต่างกันไปจากการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ สืบเนื่องมาจากตัวอย่างข้าวที่นำมาทดสอบเป็นตัวอย่างเดิมและผ่านกระบวนการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขัดสี จึงทำให้เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปนที่อยู่ในข้าวไม่แตกต่างกัน ส่วนสีของข้าวสารจากการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นจะมีเมล็ดข้าวที่มีสีที่สว่างกว่าการตากแบบดั้งเดิม และการลดความชื้น

ด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักมากกว่าการตากแบบดั้งเดิม เนื่องจาก การลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นทำให้เมล็ดข้าวสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็วจึงทำให้เมล็ดเกิดการกรอบ ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดข้าวเปลือกไปทำการขัดสีจึงทำให้เมล็ดข้าวแตกหักได้ง่าย

เอกสารอ้างอิง

จรัญ มงคลวัย และพิศมาส หวังดี. (2554).

การศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดแยกในการคัดแยกข้าวกล้องและข้าวเปลือกหอมทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 42 ฉบับที่ 1 (พิเศษ): 537-540.

ฉัตรชัย นิยมล และคณะ. (2557). **การพัฒนาและศึกษากระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบกระแสนซึ่งมีระบบหมุนเวียนอากาศร้อน.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

นिरชรา ศรีสุปัติ และคณะ. (2541). **ผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่ออัตราการเหลืองของข้าวเปลือกขึ้น.** วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย). ปีที่ 32: 309-318.

วีชรานนท์ จุฑาจันทร์. (2548). **สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวหนึ่งสุกหลังการอบแห้ง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรม

ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมชาติ โสภณธณฤทธิ. (2540). **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุดธิดา อินทผล และคณะ. (2551). **การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.** วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. ปีที่ 2 ฉบับที่ 1: 71-81.

สุวัฒน์ บุญจันทร์ และคณะ. (2551). **ผลของเวลาการเก็บเกี่ยววิธีการลดความชื้นการบรรจุ และการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพข้าวอินทรีย์.** ปรินูญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ และชีววิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Marier, D. E. Grain. (2002). **Drying System.** 2002 Facility Design Conference of the Grain Elevator & Processing Society, USA.